

# 机制变态混凝土在碾压混凝土坝防渗层中的应用

——以柬埔寨额勒赛水电站工程为例

傅 建, 陈 悦, 马 源 青, 黄 骞

(中国华电额勒赛下游水电项目(柬埔寨)有限公司, 北京 100031)

**摘要:**柬埔寨王国额勒赛水电站碾压混凝土重力坝防渗层变态混凝土施工厚度达 3 m, 现场人工加浆不仅工程量大、效率低, 而且很难保证其均匀性。根据现场实际并结合国内变态混凝土施工经验, 对碾压混凝土大坝上、下游防渗层变态混凝土采用在拌和楼集中拌制, 自卸汽车运输, 小型挖机配合入仓, 再用高频振动棒振捣密实的方式施工, 克服了变态混凝土人工加浆不均匀的缺陷。浇筑后的混凝土表面光洁, 成型较好, 无明显蜂窝麻面, 内部密实, 层间结合好。

**关键词:**变态混凝土; 碾压混凝土坝; 防渗层; 额勒赛水电站

中图法分类号: TV431

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.07.004

## 1 工程概况

柬埔寨王国额勒赛下游水电站位于该国西部国公省的额勒赛河上, 距首都金边约 180 km, 电站分上、下二级开发。上电站为面板堆石坝, 下电站为碾压混凝土重力坝, 均为坝后引水式地面厂房, 装机 4 台共 338 MW。下电站枢纽建筑物主要包括碾压混凝土重力坝、左岸引水系统及左岸地面厂房等。重力坝坝顶高程 110.5 m, 坝顶宽 6.0 m, 最大坝高 58.5 m。泄洪建筑物集中布置在主河床范围内, 设置 5 个 13.0 m × 14.0 m (宽 × 高) 的溢流表孔。大坝内部采用碾压混凝土, 大坝上游面 82 m 高程以下、下游面 65.8 m 高程以下为 3 m 厚的二级配碾压混凝土防渗层, 其中上、下游面和廊道周边 50 cm 范围采用变态混凝土, 其它部位采用常态混凝土, 混凝土分区见图 1。

受大坝上游排水廊道、检修廊道布置、坝后坡比及翻转模板拉筋安装等因素影响, 实际施工时大坝上、下游变态混凝土厚均为 3 m, 致使变态混凝土浇筑工程量增加。在进行第 1 次碾压混凝土生产性试验及补充生产性试验时, 均按国内常规采用的人工现场加浆方式进行施工。取芯检查结果表明, 部分芯样混凝土中净浆注入量偏少, 净浆均浮在混凝土表面, 未渗透到浇

筑层底部, 造成混凝土振捣不密实, 芯样成型不好, 空隙较多, 层间结合较差。

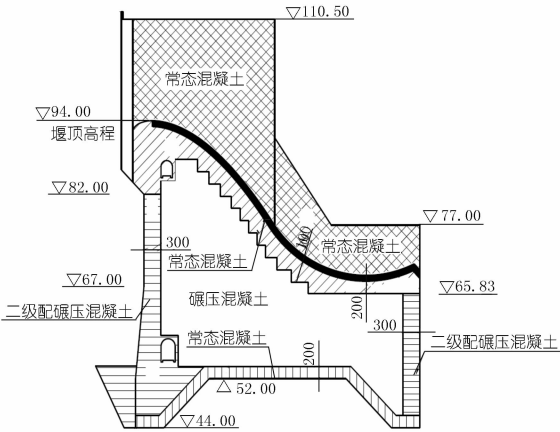


图 1 大坝混凝土分区示意(单位: 高程 m, 尺寸 cm)

由于柬埔寨受多年战乱影响, 其工人身体素质、技能、组织纪律、责任心等与国内工人相比存在较大差距, 人工加浆的波动性较大, 不利于变态混凝土质量控制。为确保防渗层变态混凝土的均匀性, 研究采用了机制变态混凝土施工工艺。

## 2 气候条件

工程地处柬埔寨西南部, 属热带季风气候区, 降水

充沛,干、湿季节分明,每年 11 月至次年 4 月为旱季,5 月到 10 月为雨季,约 80% 的降雨发生在雨季,流域多年平均降水量为 2 690 mm(工程区年均降雨量约 4 600 mm)。年平均气温为 27.3℃,极端最高气温为 38.2℃,现场实测最高温度 42℃,极端最低气温为 14.3℃。室外日相对湿度平均值 95%,月相对湿度平均值 90%,相对湿度极值 98%。月蒸发量在 99.5 ~ 155.9 mm 之间变化,多年平均蒸发量为 1 504 mm。

### 3 变态混凝土施工工艺研究

变态混凝土施工工艺研究主要包括浆液配合比和加浆工艺研究,其中变态混凝土配合比研究主要分两部分,一是确定浆液配合比参数,二是确定加浆量。

#### 3.1 浆液配合比

变态混凝土是在碾压混凝土里面加浆,由于本项目碾压混凝土中粉煤灰的掺量较高,因此加浆浆液直接采用水泥净浆。经二级配碾压混凝土、浆液和二级配变态混凝土室内性能试验,最终配合比见表 1、表 2。

表 1 C<sub>180</sub>20 碾压混凝土配合比

W/C	砂率/ %	材料用量/(kg·m <sup>-3</sup> )								设计工作 度/s
		水	水泥	粉煤灰	砂	小石	中石	缓凝剂	引气剂	
0.55	35	110	100	100	712	533	799	2.20	0.20	1~5

表 2 浆液配合比

材料用量/(kg·m <sup>-3</sup> )					浆液比重/ (g·cm <sup>-3</sup> )		抗压强度/MPa	
水灰比	水	水泥	高效减水剂	GK-4A			28d	90d
0.45	585	1300		7.80	1.86		50.9	57.6

#### 3.2 加浆量

在第一次碾压混凝土生产性试验时,每立方米混凝土加浆量选择 40、45 L 和 50 L,坍落度按 3 ~ 5 cm 控制。从所取芯样情况来看,由于天气炎热,水分损失快,所选择的加浆量均偏少,变态混凝土取样坍落度低于 3 cm,不利于振捣密实,需加大注浆量。

第 2 次补充生产性试验在总结第 1 次生产性试验的基础上,每立方米混凝土加浆量为 50 L 和 60 L,坍落度按 3 ~ 5 cm 控制。从取芯样情况来看,芯样密实性均很好;从抗压强度看,加浆少的芯样强度略偏高,但均满足设计要求。

室内试验选用掺加 45、55 L 和 65 L 浆液进行变态混凝土拌和物性能和力学性能试验,见表 3。试验成果表明,每立方米变态混凝土采用加浆量为 55 L 时,其力学性能和变形性能、耐久性指标均好于其他两种加浆量。因此每立方米二级配变态混凝土施工采用加浆量为 55 L,坍落度按 3 ~ 5 cm 控制。

表 3 C<sub>180</sub>20 变态混凝土性能试验成果

试验 编号(L·m <sup>-3</sup> )	加浆量/ mm	坍落度/ mm	抗压强度/MPa			劈拉强度/MPa			抗冻等级		抗渗等级	
			28d	90d	180d	28d	90d	180d	90d	180d	90d	180d
BT-01	45	22	14.6	21.4	25.8	-	-	2.41	>F50	>F50	>W6	>W6
BT-02	55	30	16.5	24.0	28.3	-	-	2.55	>F50	>F50	>W6	>W6
BT-03	65	31	12.2	18.9	23.4	-	-	2.17	>F50	>F50	>W6	>W6

#### 3.3 加浆工艺研究

选择不同的加浆工艺对变态混凝土的施工进度、质量将产生较大的影响,因此选择可靠、快速的施工工艺是变态混凝土施工的关键。

##### 3.3.1 人工加浆

在第 1 次碾压混凝土生产性试验和第 2 次补充性生产试验时,加浆方式按国内常规采用的挖槽加浆、打孔加浆两种方式进行对比。从钻孔取芯情况来看,上述两种加浆方式的大部分芯样密实性均较好,塌落度、强度均满足设计要求。但同时也发现,少部分混凝土芯样中净浆注入量偏少,净浆均浮在混凝土表面,未渗透到混凝土底部,造成振捣不密实,芯样成型不好,空隙较多。究其原因,主要与当地工人缺乏操作经验、挖槽打孔深度不够、孔间距和排距不均匀以及现场管理不到位有关;其次,灰浆浆液稳定性差,存放时间过长,灰浆沉淀后均匀性较差也是原因之一。考虑到大坝上、下游防渗层变态混凝土工程量大,且受模板拉筋安装影响,碾压混凝土无法使用平仓机平仓,需全部采用人工平仓、加浆、振捣,工人劳动强度高、效率低。为确保施工质量,需对变态混凝土加浆工艺进行改进。

##### 3.3.2 机制变态混凝土

在借鉴国内其它工程经验的基础上,经过初期尝试后,本工程大坝变态混凝土正式施工时决定采用与人工加浆相同的配合比在拌和楼集中一次性拌制,自卸汽车运输,小型挖机配合入仓,再用高频振动棒将混凝土振捣密实的方式施工。机制变态混凝土采用 HZS180 型混凝土搅拌站拌和,经拌和时间试验,搅拌时间控制在 50 s。机制变态混凝土坍落度仍按 3 ~ 5 cm 控制。

采用拌和楼集中拌制的变态混凝土均匀性好,塌落度和强度都满足设计要求,克服了人工加浆变态混凝土的不足,也大大减少了现场工人劳动强度。浇筑后的混凝土表面光洁,成型较好,无明显的蜂窝、麻面。取芯检查结果表明,混凝土内部密实、层间结合都很好,改进施工工艺后的变态混凝土各项性能指标均满足设计要求,确保了工程质量及施工进度。

#### 4 机制变态混凝土质量控制要点

变态混凝土在碾压混凝土大坝中,主要应用于上、

下游防渗层,因此,变态混凝土除厚度、强度及抗渗指标等必须满足设计要求外,现场应严格按混凝土配合比拌制,并加强结合部位处理。

4.1 严格按配合比拌制

根据规范规定,变态混凝土所用灰浆的水胶比宜不大于同种碾压混凝土的水胶比,因此,机制变态混凝土需严格按照试验确定的配合比拌制。另外,变态混凝土中水泥用量与相邻的碾压混凝土中的水泥用量差别较大,因此必须严格控制变态混凝土的水泥用量,以防止两种混凝土因水泥用量不同造成的水化放热差异引起坝体温度裂缝。

4.2 加强结合部位处理

变态混凝土与碾压混凝土结合区域是现场施工的薄弱部位,也是施工过程中质量控制的重点。首先,两

种混凝土的初凝时间必须匹配;其次,碾压混凝土铺料后应先进行碾压,再施工防渗层部位变态混凝土,变态混凝土振捣完成后再对接合部位碾压混凝土进行复碾。

5 结 语

采用机制变态混凝土后,大大改善了人工加浆变态混凝土施工的不足,提高了施工效率,减轻了工人劳动强度,确保了混凝土质量的均匀性。从浇筑后及水库蓄水运行半年时间来看,碾压混凝土大坝上、下游防渗层表面基本未发现温度裂缝,混凝土内部未发现明显渗漏点,说明机制变态混凝土在本工程运用是成功的,可为类似工程提供借鉴。

(编辑:徐诗银)

Application of machine – processed distorted concrete in impervious layer of RCC dam;  
case of Lower Stung Russei Chrum Hydropower Station in Cambodia

FU Jian, CHEN Yue, MA Yuanqing, HUANG Qian

(Stung Russei Chrum Department, China Huadian Corporation, Beijing 100031, China)

**Abstract:** The thickness of distorted concrete of impervious layer of a RCC gravity dam, Lower Stung Russei Chrum Hydropower Station in Cambodia, is 3 m, which results in large labour intensity and low efficiency of grouting by workers, and the homogeneity can not be ensured. According to the practical situation, in combination of the experiences of distorted concrete construction in China, the distorted concrete of upstream and downstream imperious layer was mixed at a mixing plant, transported by dump truck, placed by small excavator and compacted and vibrated by high – frequency vibrating rod, which overcame the defect of inhomogeneous grouting. The surface of the concrete after grouting is clean and bright, the shaping is fine, no voids and pits exists, the interior is compacted and the inter – layers are well cohered.

**Key words:** distorted concrete; RCC dam; impervious layer; Lower Stung Russei Chrum hydropower station

